

**СЕКЦИЯ VIII
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ
И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ
КАК УСЛОВИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 621.314.572

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СВАРОЧНОГО
ИНВЕРТОРА SOLARIS MMA-208 НА КАЧЕСТВО
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

М. А. Вегера

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: Т. В. Алферова, О. Г. Широков

Рассмотрены проблемы искажения формы напряжения, вызванные гармоническими составляющими тока, потребляемого сварочным аппаратом Solaris MMA-208.

Ключевые слова: сварочный инвертор, гармоники, интергармоники, суммарный коэффициент гармонических составляющих.

**EVALUATION OF THE IMPACT OF THE SOLARIS MMA-208
WELDING INVERTER ON THE QUALITY
OF ELECTRICAL ENERGY**

M. A. Vegera

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Science supervisors: T. V. Alfyorova, O. G. Shirokov

The problems of voltage waveform distortion caused by harmonic components of the current consumed by Solaris MMA-208 welding machine are considered.

Keywords: welding inverter, harmonics, interharmonics, total coefficient of harmonic components.

В современном мире в промышленности широко используются различные электроприемники, например, сварочные аппараты, которые генерируют высшие гармоники в сеть.

Сварочные инверторы преобразуют постоянный ток в переменный для сварочных работ, обладая рядом преимуществ перед традиционными аппаратами: высокая эффективность, компактность и регулировка параметров. Однако их использование может негативно сказаться на качестве электрической энергии в сети. Это проявляется в искажениях синусоидальной формы напряжения, появлении высших гармоник и фазовых сдвигах, что влияет на другие устройства. Для оценки влияния проводятся измерения и анализ параметров, позволяющих определить уровень искажений, воздействие на сеть и принять меры для минимизации последствий. Исследования

в этой области важны для надежности работы оборудования, соблюдения нормативов и безопасности потребителей. Целью работы является оценка влияния сварочного инвертора на качество электрической энергии.

В [1–3] исследованы сварочные аппараты ВДИ-L-200, S-MIG-160 и VDE-160, проведена оценка влияния интергармоник на электроснабжение. Интергармоники могут возникать из-за изменений амплитуд и фаз напряжения, а также из-за несинхронизированного переключения полупроводниковых устройств. Рассмотрены основные источники возмущений, такие как дуговые нагрузки и статические преобразователи. Приведены возможные значения амплитуд интергармоник. Отражено влияние сварочных выпрямителей на электроснабжение.

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого разработан «Комплекс регистрации параметров электрических сигналов» (КРПЭС), который представляет собой виртуальный измерительный прибор, построенный на основе персонального компьютера по модульному принципу, и предназначенный для регистрации мгновенных значений напряжений и токов в распределительных устройствах в нормальных и аварийных режимах работы электрических сетей. На основе КРПЭС составлена схема определения влияния сварочного инвертора Solaris MMA-208 на качество электрической энергии, показанная на рис. 1, где ТТ – измерительный трансформатор тока; ИПТ – измерительный преобразователь тока; ИПН – измерительный преобразователь напряжения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь. На рис. 2 приведен внешний вид сварочного аппарата.

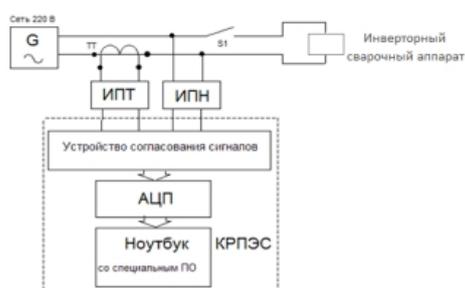


Рис. 1. Схема определения влияния сварочного аппарата марки Solaris MMA-208 на качество электроэнергии



Рис. 2. Внешний вид сварочного аппарата марки Solaris MMA-208

На рис. 3 представлено включение сварочного аппарата марки Solaris MMA-208. Включение происходит в 2 этапа:

- 1 этап – включение вентилятора для охлаждения;
- 2 этап – подача напряжения на сам инвертор.

Длительность включения сварочного аппарата составила 880 мс. При запуске появляется пусковой ток длительностью 280 мс, далее начинается пуск инвертора, который длится 40 мс. Применение выпрямителей даже на двигатель вентилятора охлаждения приводит к искажению формы кривой тока (рис. 3).

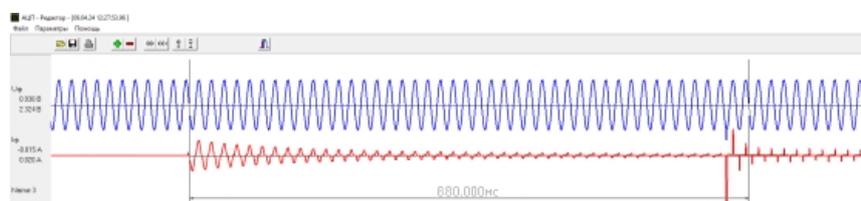


Рис. 3. Осциллограмма тока и напряжения при включении сварочного аппарата марки Solaris MMA-208

На графике рис. 4 представлены коэффициенты гармонических составляющих напряжения. Из них ярко выражены коэффициенты 2-й и 3-й гармонической составляющей напряжения – $K_{2U} = 0,027 \%$, $K_{3U} = 0,044 \%$. Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока $THD_I = 6,61 \%$. Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения $THD_U = 0,05 \%$. Раньше для сети четные гармоники были не характерны.

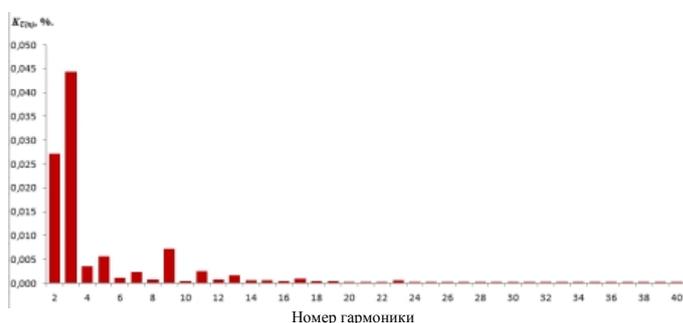


Рис. 4. Коэффициенты гармонических составляющих напряжения при включении сварочного аппарата марки Solaris MMA-208

Сравнение коэффициентов гармонических составляющих напряжения с нормами из ГОСТ 32144–2013 представлено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение коэффициентов гармонических составляющих напряжения с нормами из ГОСТ 32144–2013

Номер гармоник, n	Измеренные значения, %	Нормируемые значения, %
Четные		
2	0,027	2
4	0,0035	1
6,8,10	< 0,001	0,5
12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40	< 0,0007	0,2

Номер гармоник, n	Измеренные значения, %	Нормируемые значения, %
Нечетные		
3	0,044	5
5	0,0055	6
7	0,0023	5
9	0,0071	1,5
11	0,0024	3,5
13	0,0016	3
15	0,0005	0,3
17	0,0008	2
19, 23, 25, 29, 31,35,37	< 0,0004	1,5
21, 27, 30, 33, 36, 39	< 0,0001	0,2

Осциллограмма тока и напряжения работы аппарата марки Solaris MMA-208 приведена на рис. 5.



Рис. 5. Осциллограмма тока и напряжения работы аппарата марки Solaris MMA-208

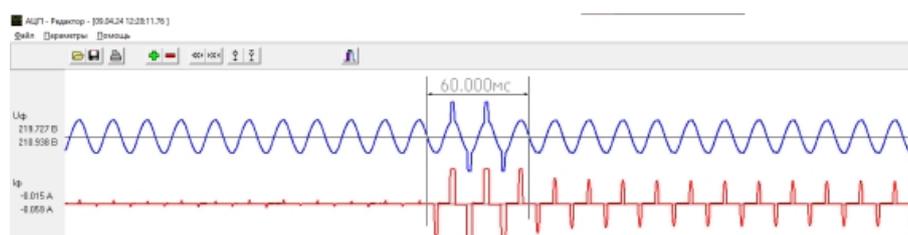


Рис. 6. Осциллограмма зажигания электрода при работе сварочного аппарата марки Solaris MMA-208

На рис. 6 показан момент зажигания электрода, время зажигания электрода составило примерно 60 мс.

При зажигании электрода в аппарате выполняется функция «горячий старт».

Горячий старт обеспечивает легкое зажигание дуги. Эта функция сварочного инвертора, увеличивающая ток в момент касания электродом детали (момент поджига дуги). Условно, если установлен сварочный ток 90 А, то в момент поджига дуги происходит кратковременное увеличение сварочного тока на определенную величину от выставленного (90 А +).

Функция «Горячий старт» может быть фиксированная и регулируемая, в зависимости от конструкции инвертора.

Фиксированная функция может быть включена и отключена, значение увеличения сварочного тока в режиме «включено» установлено производителем.

Регулируемая функция позволяет плавно регулировать увеличение тока «Горячий старт» (к установленному).

Включать опцию «Горячий старт» целесообразно:

- при сварке ржавых или окрашенных деталей;
- при использовании некачественных электродов;
- при низком напряжении питающей сети.

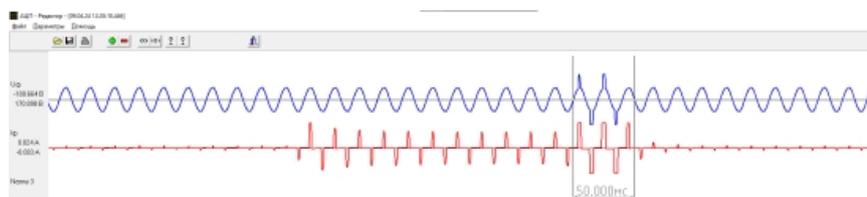


Рис. 7. Оциллограмма «форсажа дуги» при работе сварочного аппарата марки Solaris MMA-208

В случае, когда электрод находится далеко от металлической пластины и есть риск разрыва дуги, включается в работу функция «форсаж дуги» (рис. 7). Эта функция добавляет дополнительный ток к выставленному на сварочном аппарате и поддерживает сварочную дугу. Работа «форсажа дуги» схожа с работой «горячего старта», отличие лишь в том, что функция «форсаж дуги» срабатывает, когда есть риск разрыва дуги, а «горячий старт» срабатывает в момент касания электродом металла.

В зависимости от конструкции сварочного аппарата функция «форсаж дуги» может быть регулируемой и автоматической, которая не поддается регулировке. Когда функция имеет свойство регулировки, это намного лучше, чем без регулировки. В случае регулировки можно индивидуально установить то значение, с которым удобно проводить сварочные работы.

На графике рис. 8 представлены коэффициенты гармонических составляющих напряжения. Из них ярко выражены коэффициенты 3-й и 5-й гармонической составляющей напряжения – $K_{3U} = 2,19\%$, $K_{5U} = 1,126\%$. Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока $THD_I = 54,47\%$. Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения $THD_U = 2,48\%$.

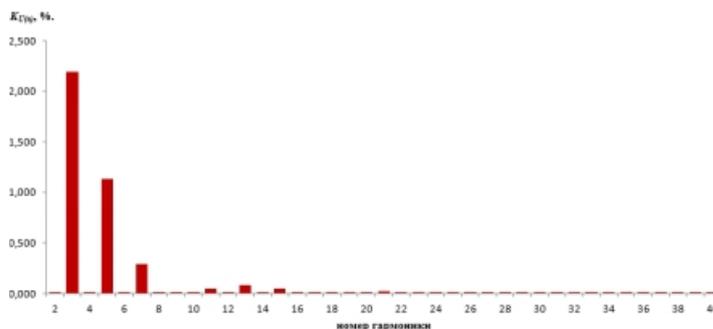


Рис. 8. Коэффициент гармонических составляющих напряжения при работе сварочного аппарата марки Solaris MMA-208

Сравнение коэффициентов гармонических составляющих напряжения с нормами из ГОСТ 32144–2013 приведено в табл. 2

Таблица 2

**Сравнение коэффициентов гармонических составляющих напряжения
с нормами из ГОСТ 32144–2013**

Номер гармоник, <i>n</i>	Измеренные значения, %	Нормируемые значения, %
Четные		
2	0,0057	2
4	0,0017	1
6,8,10	< 0,0001	0,5
12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40	< 0,0001	0,2
Нечетные		
3	2,19	5
5	1,13	6
7	0,29	5
9	0,009	1,5
11	0,046	3,5
13	0,0799	3
15	0,046	0,3
17	0,0087	2
19, 23, 25, 29, 31, 35, 37	< 0,005	1,5
21, 27, 30, 33, 36, 39	< 0,01	0,2

Таким образом, сварочные аппараты оказывают пагубное влияние на качество электроэнергии из-за высоких пусковых токов и импульсов, которые они генерируют. Это может привести к перегрузкам и перегреву электросетей, а также вызвать скачки напряжения и нестабильность в энергосистеме. Более того, использование сварочных аппаратов без регулярной проверки и обслуживания может привести к повреждениям оборудования и авариям. Поэтому важно соблюдать все меры предосторожности при работе с такими устройствами и обеспечивать правильное обслуживание оборудования для предотвращения возможных проблем с качеством электроэнергии.

Л и т е р а т у р а

1. Il'yaschenko, D. P. Effect of inverter power source characteristics on welding stability and heat affected zone dimensions / D. P. Il'yaschenko, D. A. Chinakhov, R. A. Mamadaliev // OP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 115. – N 1. – P. 012041.
2. Investigation of the stability of melting and electrode metal transfer in consumable electrode arc welding using power sources with different dynamic characteristics / Y. N. Saraev [et al.] // Welding International. – 2017. – Vol. 31. – N 10. – P. 784–790.
3. Влияние инверторных источников питания сварочной дуги на систему электроснабжения промышленных предприятий / О. Г. Широков [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2015. – № 1 (60). – С. 72–80.